

THEME 8

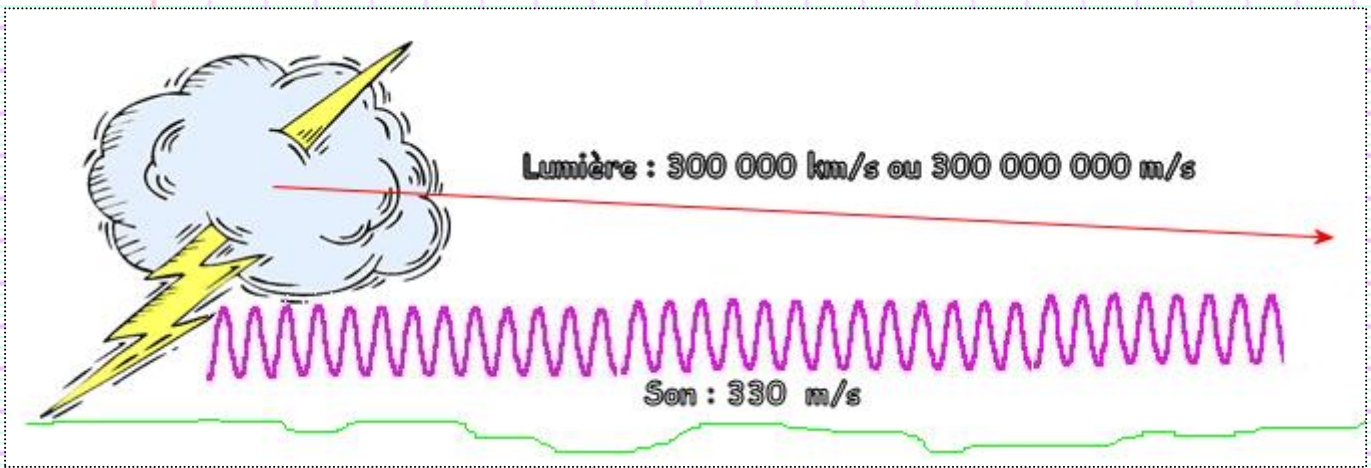
VITESSE VITESSE DU SON



Exercice 1 :

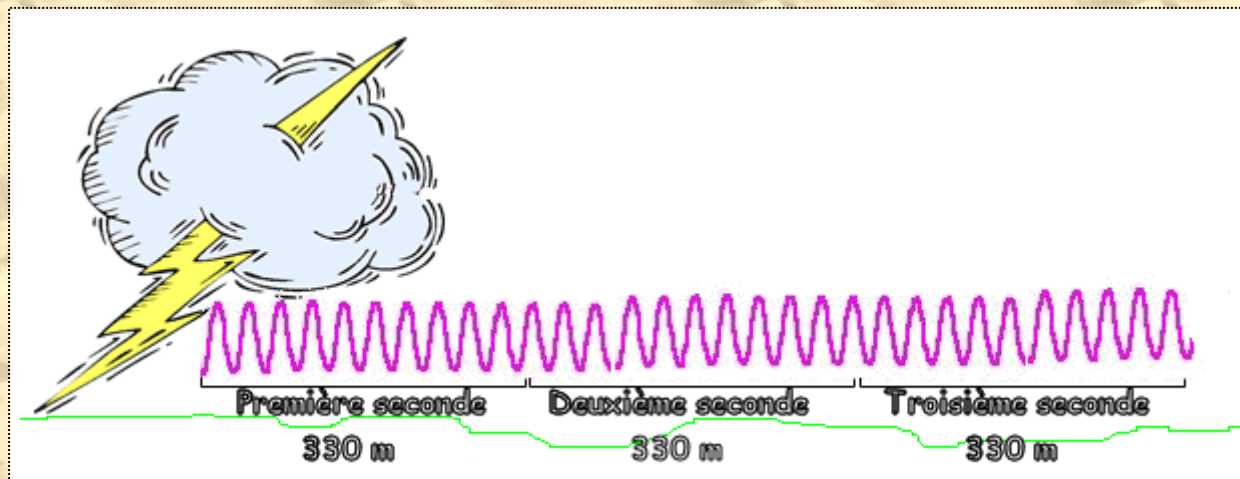
On voit un éclair quasiment à l'instant où il se produit (la lumière a une vitesse de 300 000 km/s), mais le bruit (coup de tonnerre) n'est entendu qu'un peu plus tard. La vitesse du son est d'environ 330 m/s (soit 1 million de fois moins vite que la lumière).

A quelle distance se produit l'éclair dont on entend le bruit avec 3 secondes de retard ?



Solution :

La vitesse du son est de 330 m/s, cela signifie que le son parcourt 330 m à chaque seconde. Entre le moment où l'éclair s'est produit et le moment où le bruit est entendu , il s'est écoulé 3 secondes



La distance qui nous sépare de l'éclair est donc :
 $330 \times 3 = 990$ (m) soit près d'un kilomètre.

Remarque :

Cette différence de vitesse entre la lumière et le son permet de déterminer à quelle distance se produit l'orage.

Pour un observateur, le tonnerre (bruit créé par l'éclair) ne se manifeste pas en même temps que l'éclair. La lumière a une vitesse extrêmement grande et l'on peut considérer que l'on voit l'éclair immédiatement, tandis que le son a une vitesse beaucoup plus petite (la vitesse de la lumière est environ 1 million de fois supérieure à la vitesse du son). Pour parcourir 330 m, le son met une seconde.

Comment évaluer la distance qui nous sépare de l'orage ?

Il suffit de compter le nombre de secondes qui séparent la vision de l'éclair et le bruit.

Par exemple, lorsque vous voyez un éclair, il suffit de compter ... 1 ... 2 ... 3 ... 4 ... 5 toutes les secondes jusqu'au moment où vous entendez le coup de tonnerre. Puisque le son a une vitesse approximative de 300 m/s, il suffit de multiplier 300 par (dans notre exemple) 5, soit 1500 m, c'est à dire 1,5 km. Ce calcul peut rassurer certaines personnes apeurées par l'orage.

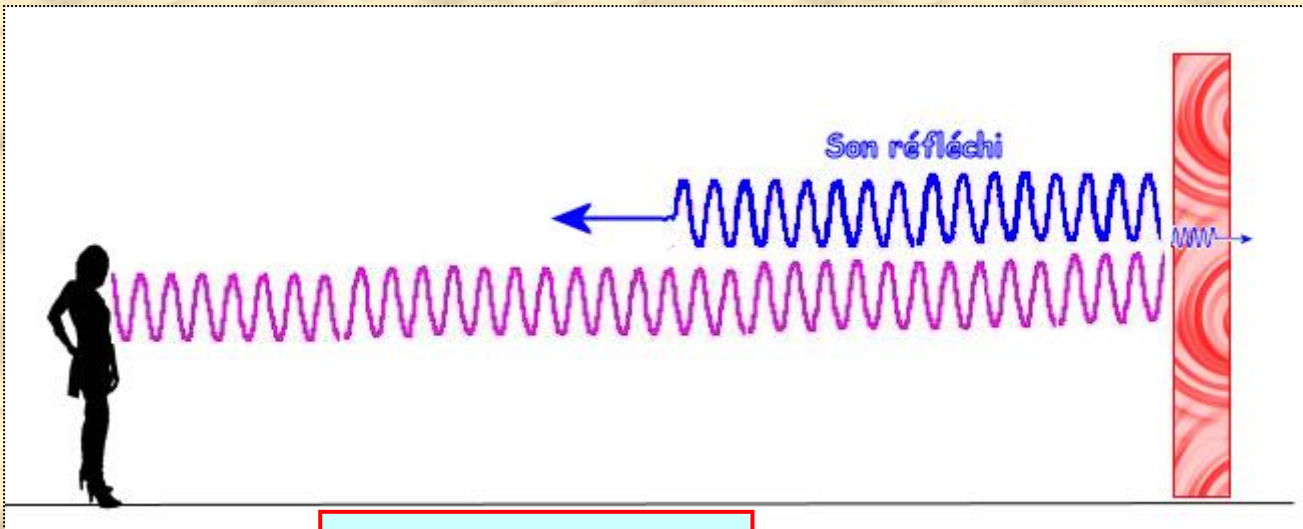


Exercice 2 :

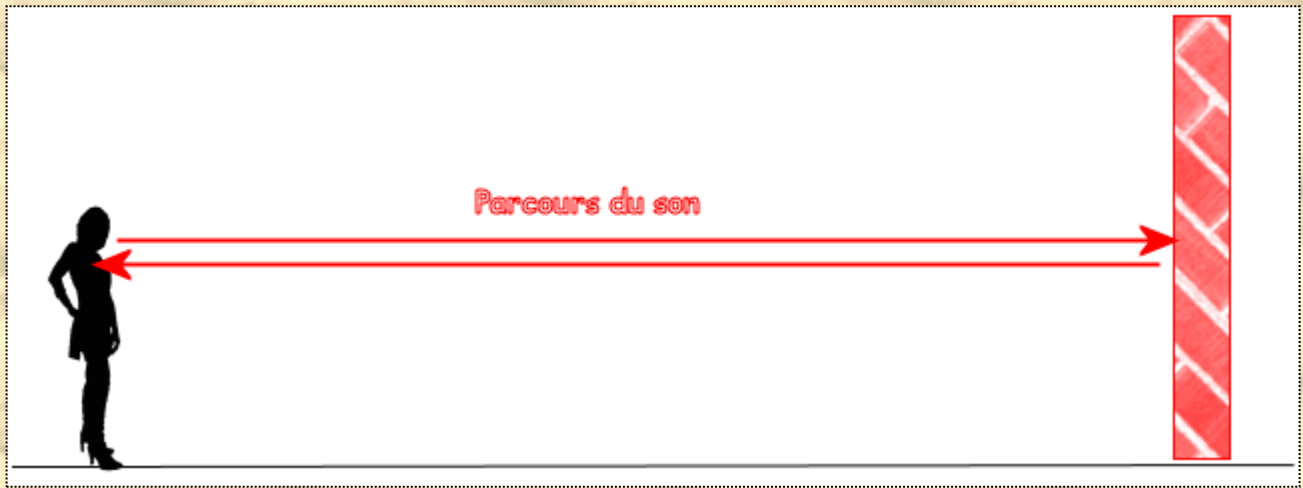
Une muraille fait écho. Une personne lançant un appel l'entend revenir 4 secondes après. A quelle distance de la muraille est-elle ? La vitesse du son est 340 m/s.

Solution :

L'écho est dû à la réflexion du son sur une paroi. Lorsque le son rencontre un obstacle, une partie est transmise à travers l'obstacle, une partie est absorbée et une autre partie est réfléchi (renvoyée). Si la paroi est solide (mur par exemple), le son, atténué (le mur ne peut pas réfléchir complètement et parfaitement le son) est renvoyé. Il nous revient donc aux oreilles avec, puisque son déplacement n'est que de 300 m/s, avec un retard. Ce retard est à l'origine de l'écho.



Les chauves-souris utilisent la réflexion du son (des ultrasons en vérité) pour se diriger .



Méthode 1 :

Le son met 4 secondes pour partir de notre bouche et revenir à nos oreilles.

Distance parcourue par le son :

$$340 \times 4 = 1360 (m)$$

Le son parcourt donc un trajet de 1360 mètres. Mais ce trajet représente un aller et un retour. La distance qui nous sépare de la muraille est donc :

$$\frac{1360}{2} = 680 (m)$$

La distance de la muraille est de 680 mètres.

Méthode 2:

Le son met 4 secondes pour un aller et retour. Donc pour aller jusqu'à la muraille, le son met 2 secondes (la moitié de 4 secondes)

Distance parcourue par le son pendant 2 secondes :

$$340 \times 2 = 680 \text{ (m)}$$

La distance de la muraille est de 680 mètres.

Remarque : Pourquoi n'y a-t-il pas d'écho dans une maison ?

L'oreille ne peut percevoir l'écho que s'il revient au moins 1/10 de seconde après avoir été émis. C'est à dire que l'oreille ne peut distinguer deux sons identiques s'ils sont produits dans un intervalle de temps

de moins de 0,1 seconde ($\frac{1}{10} = 0,1$)

Distance parcourue par le son pendant 0,1 seconde :

$$340 \times 0,1 = 34 \text{ (m)}$$

Donc le mur doit se situer à plus de $\frac{34}{2}$ mètres , soit 17 mètres. Les pièces d'une maison (normale) ne

font généralement pas 17 mètres de long.

Donc il n'y a pas d'écho (perceptible) dans un pièce d'habitation.

Le problème peut cependant se poser dans des pièces plus grandes (salle de concerts , salle de cinéma, ...).

On parle alors de réverbération et c'est pourquoi les murs de ces salles sont revêtus d'une matière qui renvoie le moins possible, en l'absorbant, le son.

Dans ces salles , il est également possible d'utiliser le phénomène de réflexion pour amplifier la musique.

Remarque :

Les sons graves (ondes de basse fréquence) vont plus loin que les sons aiguës (ondes à haute fréquence) .



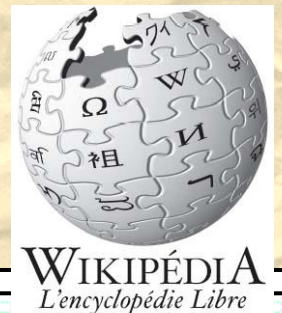
Historique :

Pendant la Renaissance (d'un point de vue académique français, l'Histoire de la Renaissance commence après la fin du Moyen Âge, en 1453 (chute de Constantinople), et se termine à la mort de Charles Quint en 1558) , des expériences sont faites pour découvrir la vitesse du son . Les résultats ne sont pas satisfaisants.

L'Académie des sciences française décide alors d'organiser des nouvelles expériences en 1738. À l'aide de coups de canon tirés la nuit (pour voir les flammes sortant de la bouche de l'arme) entre l'Observatoire de Paris, Montmartre, Fontenay-aux-Roses et Montlhéry, on estime la vitesse du son à 333 m/s dans une température de l'air à 0 °C.

En 1822, François Arago et Riche de Prony réalise de nouvelles expériences plus rigoureuses, sur ordre du Bureau des longitudes. Cette fois-ci il décide d'utiliser des tirs croisés, entre Villejuif et Montlhéry. Les coups de canons seront tirés en même temps, de cette manière, les expérimentateurs espèrent limiter les perturbations dues au taux d'hygrométrie, de vitesse du vent, de pression et de température, qu'ils pensent être la cause de l'échec de la précédente expérience. De plus, des chronomètres bien plus précis sont utilisés. Les expériences ont lieu dans les nuits du 21 et 22 juin 1822. Les résultats donnent la valeur de 340,88 m/s à une température de 15,9 °C. Après correction, la vitesse à 0 °C est de 330,9 m/s.

Source



Exercice 3 :

Un son transmis par un tube d'acier de 250 mètres le parcourt en 50 ms. (ms : milliseconde)
Quelle est la vitesse de propagation du son dans l'acier ?

Solution :

Pour passer d'une unité à l'autre dans le système décimal que nous connaissons, il suffit de multiplier par 10 (pour une unité juste supérieure) ou de diviser par 10 (pour une unité juste inférieure). Par exemple

$$\begin{aligned} 1 \text{ m} &= 10 \text{ dm} & 1 \text{ cm} &= 10 \text{ mm} \\ 1 \text{ kg} &= 10 \text{ hg} & 1 \text{ g} &= 10 \text{ dg} = 100 \text{ cg} \end{aligned}$$

Il n'en est malheureusement pas de même pour les heures , minutes et secondes. Elles suivent un système sexagésimal. La minute n'est pas 10 fois plus petite que l'heure, mais 60 fois. De même, la seconde est 60 fois plus petite que la minute. Mais si la durée (ou si la précision demandée) est inférieure à la seconde, nous revenons à l'écriture décimale.

2,5 secondes signifie 2 secondes et une demi seconde.

Regardons le tableau de conversion suivant :

Seconde (s)	Dixième de seconde Déciseconde (ds)	Centième de seconde Centiseconde (cs)	Millième de seconde Milliseconde (ms)
		5	0
0	,	5	

D'après ce tableau , 50 millisecondes , correspondent à 0,05 seconde

Utilisons maintenant un tableau de proportionnalité :

Rappelons que nous cherchons la vitesse du son , c'est à dire la distance parcourue (en mètres) pendant une seconde.

Durée (s)	0,05	1
Distance parcourue (m)	250	x

Nous avons : $0,05 \times x = 1 \times 250$

$$x = \frac{1 \times 250}{0,05} = 5000$$

Le vitesse dans ce tube d'acier est de 5000 m/s

Remarque :

La vitesse du son dépend du matériau dans lequel elle se propage.

Dans l'air , à 20° C , sa vitesse est d'environ 343 m/s. Mais à 0° C , sa vitesse est légèrement plus faible.

Elle est alors de 331 m/s. Dans de l'air à 100° , sa vitesse est plus importante : 386 m/s. Plus la température monte, plus la vitesse est grande.

Un ordre de grandeur est à retenir :

La vitesse du son est d'environ 340 m/s (ou 300 m/s)

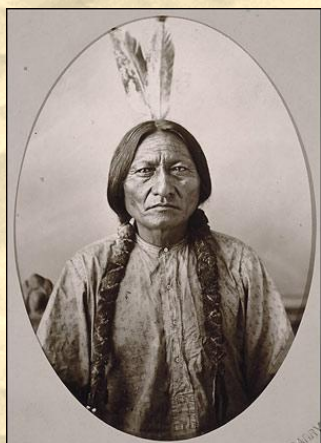
VITESSE DU SON DANS DIFFERENTS MATERIAUX (en m/s)	
Air sec à 20°C	343
Plomb	1250
Eau	1430
Eau de mer	1530
Béton	3100
Bois	3300
Or	3240
Os	4080
Acier	5000
Fer	5950
Aluminium	6420
Diamant	20 000

Célérité :

Au lieu de vitesse du son , on dit également célérité du son

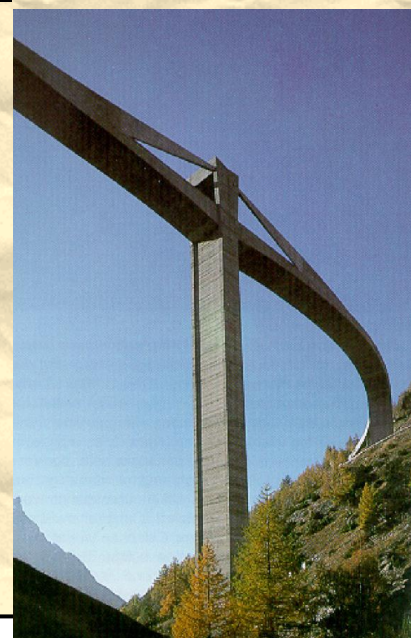
Remarques :

► Le son ne se propage pas dans le vide (le son provient des vibrations du matériau) . C'est donc le silence.



► Plus le milieu est rigide, compact , bien structuré, plus les ondes sonores vont vite. Notez la vitesse du son dans le diamant qui possède une structure très homogène.

► La vitesse du son dans l'acier est importante (environ 5000 m/s , soit 5 km/s). Les Indiens savaient que le son se propageait beaucoup mieux dans l'acier que dans l'air. C'est pourquoi ils mettaient l'oreille sur les rails du chemin de fer pour savoir si un train arrivait.



► Les variations de la propagation du son sont utilisées dans le bâtiment. En mesurant la vitesse du son, on peut par exemple déterminer la qualité d'un béton. Plus il y a de bulles d'air, plus le son est ralenti (le son se déplaçant moins vite dans l'air que dans le béton).

Remarque : Le stéthoscope :

Le stéthoscope a bientôt 200 ans ! Et c'est un Français, le docteur René Théophile Hyacinthe Laënnec, qui l'a inventé. Nous étions en 1816. Devant la généreuse poitrine de sa patiente, ce médecin n'osait poser la tête contre son sein pour écouter son cœur. Pour ce faire, il a attrapé et roulé très serré un cahier sur lui-même, afin d'amplifier le son. "Je fus aussi surpris que satisfait d'entendre les battements du cœur d'une manière beaucoup plus nette et plus distincte que je ne l'avais jamais fait par l'application immédiate de l'oreille", avait-il témoigné.

C'est en observant des enfants jouer à écouter un tout petit bruit à travers un tronc d'arbre, qu'il en eut l'idée. Le stéthoscope était né, ainsi baptisé par le docteur Laënnec, inspiré du grec *stethos*, poitrine, et *scope*, examiner, voir.



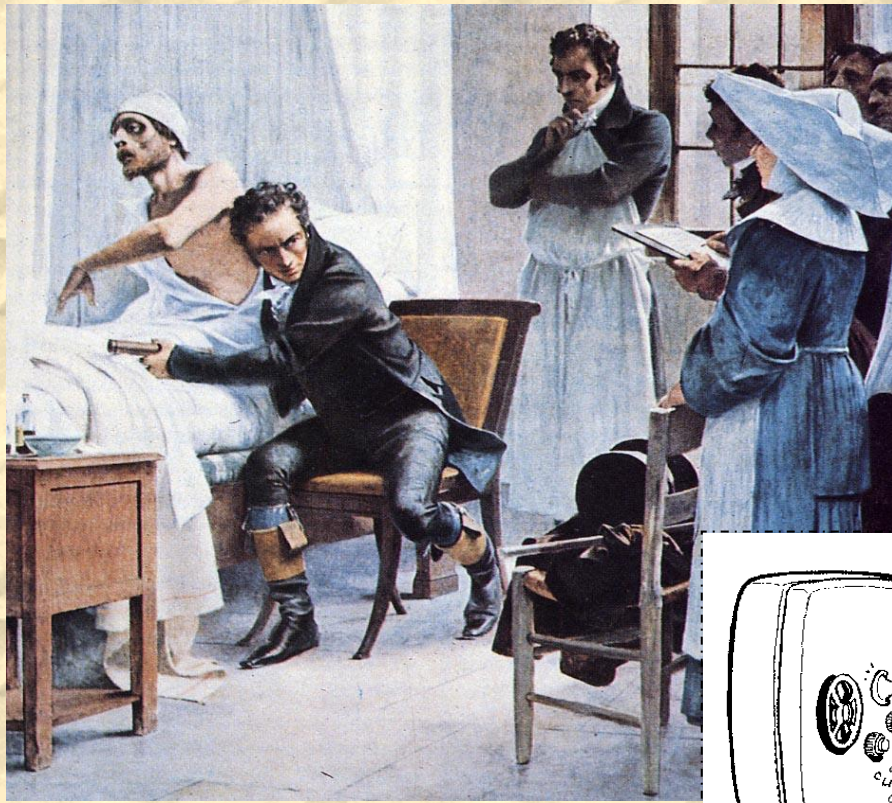
Stéthoscope moderne

Source :

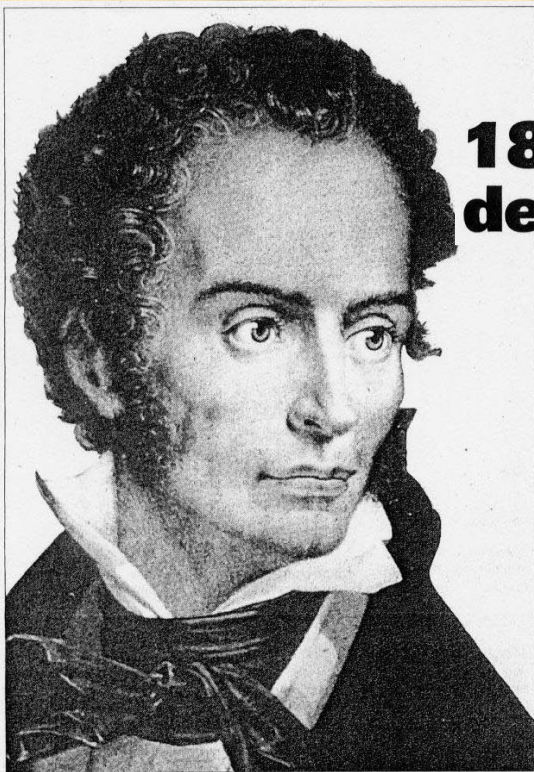
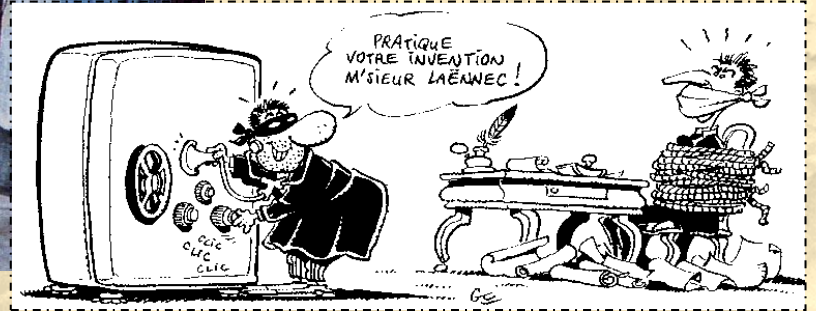
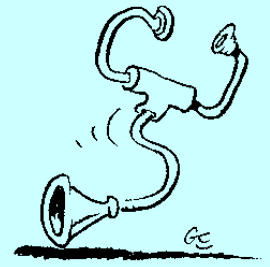


Stéthoscope de Laënnec
Démontable en 3 morceaux
pour un transport plus facile





LAENNEC , inventeur du stéthoscope



Extrait d'un article de journal

1816. Le stéthoscope de Laennec : un jeu d'enfants

Par une belle journée de 1816, alors qu'il se rend au chevet d'une de ses jeunes malades, le docteur Laennec est préoccupé. Comment ausculter sa patiente et connaître avec certitude la nature du mal qui la ronge ?

Il est bien conscient que la méthode communément employée, l'application de la main et la percussion, à petits coups, afin de déceler la présence d'un épanchement à l'intérieur du thorax, n'a rien de scientifique.

Un jeu d'enfants

Alors qu'il traverse la cour des Tuileries, voici, dit-on, qu'il aperçoit des enfants jouant le long d'une poutre couchée à terre. L'un des garçons donne de légers coups à un bout tandis que ses compagnons collent leur oreille contre l'autre extrémité et perçoivent les bruits très amplifiés.

Pour le médecin, c'est une révélation. Arrivé chez sa patiente, il demande un cahier, lui donne la forme d'un rouleau, qu'il applique sur la poitrine de la malade. Il entend fort distinctement les battements du cœur. La méthode qu'il vient de découvrir, il en perçoit aussitôt tout l'intérêt pour l'étude des bruits produits par le muscle cardiaque, mais aussi pour l'exploration de la respiration, de la voix, du râle, et même les fluctuations d'un liquide épanché dans les plèvres ou le péricarde. L'auscultation médiate est née.

Auscultation médiate :
Auscultation utilisant le stéthoscope

Remarques :

- Dans la croûte terrestre , la vitesse peut varier de 5000 m/s à 9000 m/s
Les variations de vitesse dans les différents matériaux constituant le sol permet d'étudier le sous sol de la Terre en analysant les différences de vitesses du son créées par une explosion souterraine.
- Dans l'eau de mer, le son se propage plus rapidement que dans l'air. Un plongeur ne perçoit pas le son venu de l'extérieur , car les ondes sonores sont réfléchies sur la surface de la mer. Par contre, il entend très bien les sons produits sous l'eau.

Exercice 4 :

Un sondeur, dans un bateau, sert à mesurer la profondeur d'eau sous le bateau. Il fonctionne en émettant des signaux qui sont renvoyés par le sol sous-marin et reviennent vers le bateau sous forme d'un écho.

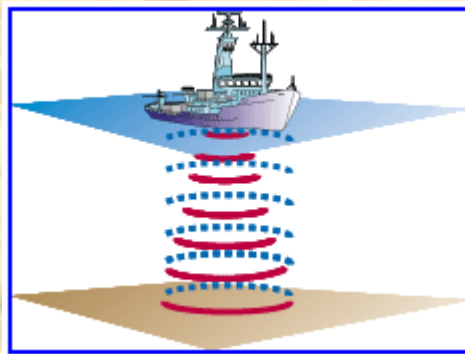
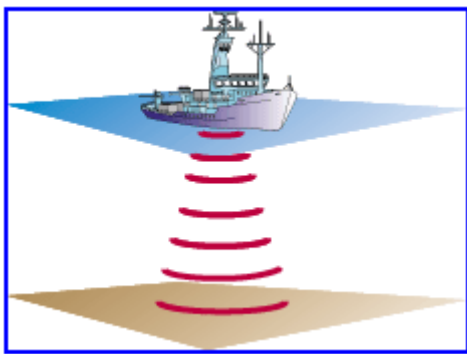
Comme on connaît la vitesse du signal émis par le sondeur, cela permet d'évaluer la distance. Le temps mesuré correspond au trajet aller-retour du signal.

Le signal émis par le sondeur se déplace à la vitesse de 1 430 m/s.

a) Le sondeur détecte un écho de 3.6 secondes. Quelle est la profondeur sous le bateau ?

b) Quelle est la durée de l'écho pour une profondeur de 100 mètres ?

Solution :



a) Profondeur sous le bateau :

La distance parcourue par le signal sonore (un aller retour) est égale à :

$$1430 \times 3,6 = 5148(\text{m})$$

La profondeur sous le bateau est donc :

$$\frac{5148}{2} = 2574(\text{m})$$

La profondeur sous le bateau est de 2574 m

b) Durée de l'écho pour une profondeur de 100 mètres

La distance parcourue par le signal sonore est de

$$2 \times 100 = 200(\text{m})$$

Utilisons un tableau de proportionnalité

Durée (s)	1	x
Distance parcourue (m)	1430	200

Nous avons : $1430 \times x = 1 \times 200$

$$x = \frac{1 \times 200}{1430} = 0,1398 \quad \text{soit environ } 0,14 \text{ seconde}$$

Remarques :

- Les navires utilisent un sonar (Sound Navigation and Ranging). Le sonar est un appareil qui envoie des ultrasons dans l'eau. Les ultrasons sont envoyés du bateau, se réfléchissent sur le fond (comme pour le

Classe de Cinquième :

(sans utiliser le « produit en croix »)

Le coefficient de proportionnalité

est : $\frac{1430}{1}$ soit 1430

Pour 200 m, la durée est

$$x = \frac{200}{1430} \approx 0,14(\text{s})$$

son contre une muraille, comme une balle sur le sol) et reviennent. Le sonar calcule la durée du parcours des ultrasons entre le départ et l'arrivée. Ensuite il détermine, connaissant la vitesse des ultrasons, la distance entre le bateau et l'obstacle. Ce procédé permet de tracer des cartes de fonds marins, de détecter des bancs de poissons ou des épaves englouties !

Pourquoi utiliser des ultrasons?

Les ondes sonores, comme les ultrasons subissent un phénomène d'absorption. En se propageant dans l'air ou dans un matériau, elles perdent une certaine intensité, c'est à dire qu'elles s'affaiblissent. Si vous entendez la voix d'une personne situé à 10 m de vous, vous n'entendez plus la voix d'une personne situé à un kilomètre.

Dans l'air, les ondes sonores et les ultrasons sont rapidement atténués. Par contre dans l'eau, les ultrasons s'affaiblissent peu .

Dans l'air, pour que les ultrasons perdent 10% de leur intensité , il faut 5 m.

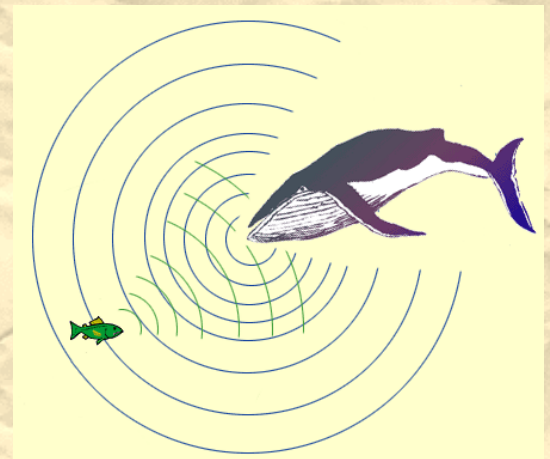
Dans l'eau, pour que les ultrasons perdent 10% de leur intensité , il faut 100 km.

C'est pourquoi les sonars utilisent les ultrasons.

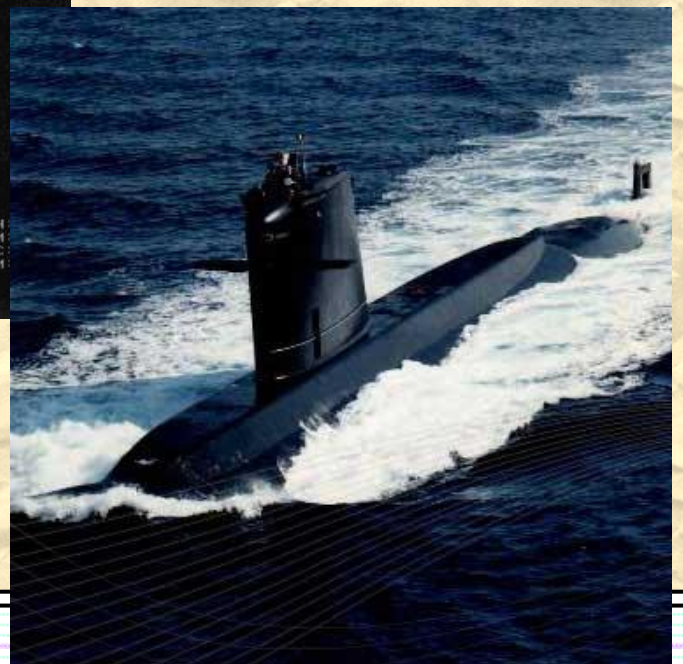
► Les chauves-souris utilisent la réflexion des ultrasons pour se diriger, et les baleines et les dauphins le même système pour repérer leurs proies.

Certains chasseurs utilisent des sifflets à ultrasons pour rappeler leurs chiens (les chiens entendent les ultrasons)

► L'échographie utilise un type de sonar particulier et l'écho produit sur le bébé.



► Lorsqu'un sous-marin est pourchassé par un bateau ennemi, les occupants du sous-marin évitent de faire du bruit. Un simple bruit (un objet qui tombe) peut être détecté par le bateau poursuivant (l'eau de mer transmettant beaucoup mieux que l'air le son)



Exercice 5 :

Un avion a une vitesse égale à Mach 1 lorsque sa vitesse est égale à la vitesse du son, soit à peu près 330 m/s .

Quelle est la vitesse en km/h d'un avion dont la vitesse est Mach 2,3 ?

Solution :

Pour des vitesses importantes, une autre unité intervient. Cette unité est le Mach (nom du physicien Ernst Mach). Un avion vole à Mach 1 lorsque sa vitesse est égale à celle du son.

Remarque :

L'unité se place avant le nombre. Nous ne dirons pas que la vitesse de l'avion est de 1 Mach , mais que la vitesse est Mach 1.

▷ Méthode 1:

Conversion de la vitesse du son en km/h :

Cherchons la distance parcourue par le son en 1 heure , soit 3600 secondes.

Durée (s)	1	3600
Distance parcourue (m)	330	x

$$1 \times x = 330 \times 3600$$

$$x = 1188\ 000 \text{ (m)}$$

$$x = 1188 \text{ (km)}$$

La vitesse du son est donc de 1 188 km/h

Remarques :

► Attention cette valeur peut varier. Nous avons choisi comme vitesse du son la vitesse de 330 m/s . Retenons que la vitesse du son est, approximativement, de 1200 km/h.

► Nous pouvons également raisonner autrement, sans tableau de proportionnalité :

En 1 seconde , l'avion parcourt 330 m

En 3600 secondes , l'avion parcourt 330×3600 , soit 1 188 000 m

En 1 heure , l'avion parcourt 1 188 km

Sa vitesse est donc de 1 188 km/h.

Vitesse de l'avion :

L'avion vole à Mach 2,3.

Donc sa vitesse est :

$$1188 \times 2,3 = 2732,4 \text{ (km/h)}$$

$$\text{La vitesse de l'avion est de } 2\ 732,4 \text{ km/h}$$

▷ Méthode 2:

Nous pouvons également chercher en m/s la vitesse de l'avion.

Sa vitesse est :

$$330 \times 2,3 = 759 \text{ (m/s)}$$

Il suffit maintenant de convertir cette vitesse en km/h, soit avec un tableau de proportionnalité , soit comme suit :

En 1 seconde , l'avion parcourt 759 m

En 3600 secondes , l'avion parcourt $759 \times 3600 = 2\ 732\ 400$ m

En 1 heure , l'avion parcourt 2 732,4 km

$$\text{La vitesse de l'avion est de } 2\ 732,4 \text{ km/h}$$

Remarque

Lorsqu'un avion atteint Mach 1, il se produit un phénomène de compression provoquant une onde de choc. Cette onde de choc produit une sorte d'explosion (bang supersonique). On dit que l'avion passe le mur du son.

Ce phénomène se produit tant que l'avion a une vitesse supérieure à celle du son, et non pas uniquement quand sa vitesse est égale à celle du son.



Ernst Mach

Classe de Cinquième :

(sans utiliser le « produit en croix »)

Le coefficient de proportionnalité est : 330

Pour 3600 s (1 h), nous avons :

$$x = 3600 \times 300 = 1180\ 000 \text{ (m)}$$

Soit 1188 km



Lorsque l'atmosphère est humide, le phénomène peut s'accompagner d'une condensation de l'air qui permet de visualiser cette onde de choc

Remarques : Notion de vitesse Sonique :

- Supersonique : vitesse supérieure à la vitesse du son
- Subsonique : vitesse inférieure à la vitesse du son
- Transsonique : vitesse voisine de celle du son (mach 0.8 à mach 1.2)
- Hypersonique : vitesse supérieure à Mach 5



